

Laser absorption spectroscopy for diagnostics of a microhollow cathode argon plasma

亀淵健太, 片山光一, 藤井恵介, 四竈泰一, 蓮尾昌裕

Kenta Kamebuchi, Koichi Katayama, Keisuke Fujii, Taiichi Shikama, Masahiro Hasuo

京都大学大学院工学研究科

Graduate School of Engineering, Kyoto University

マイクロプラズマは、大気圧においてもプラズマを生成でき、高密度、電子温度に比べガス温度が低いという特徴を持つ。Miuraらはマイクロスプリットリング共振器を用いて生成したアルゴンプラズマに対し、0.13~101 kPaのガス圧力範囲でアルゴン原子 $1s_3 \rightarrow 2p_4$ 遷移 (波長 794.8 nm), $1s_5 \rightarrow 2p_8$ 遷移 (801.4 nm), $1s_4 \rightarrow 2p_7$ 遷移 (810.4 nm) のレーザー吸収分光計測を行い、そのスペクトル解析から励起原子密度とガス温度の圧力依存性を評価した[1]。さらに $1s_5 \rightarrow 2p_8$ 遷移 (801.4 nm) に対して、空間分解レーザー吸収分光計測を行い、準安定励起原子密度とガス温度の空間分布を評価した[2]。

一方我々は、直径 300 μm のマイクロホローカソードヘリウムプラズマに対してヘリウム原子 $1s2p(^1P) \rightarrow 1s3d(^1D)$ 遷移 (667.8 nm) の空間分解レーザー吸収分光計測を行い、そのスペクトル解析から 10 kPa においてガス温度、電子密度、電場、 $1s2p(^1P)$ 原子密度の空間分布を評価した[3]。本研究では、アルゴンプラズマに対し同様の診断を行うべく、レーザー吸収分光計測の準備を行っている。

対象とする準位は[2]で計測例のある $1s_5$ 準安定準位とした。一般に大気圧ではスペクトル幅において圧力広がり が 支配的になり、その値はガス温度に依存し、十数 GHz 程度となる[2]。そのため、精度よいスペクトル計測・解析を行うには、圧力広がり係数が既知であり、数十 GHz 以上の計測周波数範囲であることが望まれる。これらのこと、および研究室に現有するレーザー光源を踏まえ、計測する遷移は $1s_5 \rightarrow 2p_6$ 遷移 (763.5 nm)、光源は垂直共振器面発光レーザー (ULM Photonics, ULM760-03-TN-S46FZP) とした。

実験に用いるプラズマ発生装置と計測系は、[3]とほぼ同様である。大きく異なる点は、波長の違いに伴うファブリーペロー干渉計 (Neoark, SA-40C, FSR=1.85 GHz) への変更、空間分解計測まで至らないことによるファイバー光学系や集光系の省略、ホローカソード径 1 mm としたことである。

図 1 に計測生データの一例 (放電電流: 15 mA, ガス圧力: 4 kPa) を示す。(a) はファブリーペロー干渉計の出力、(b) はプラズマ透過レーザー光強度検出器の出力である。Laser on, Plasma on の時、アルゴン原子の吸収に伴うレーザー光の強度の減少が見られている。

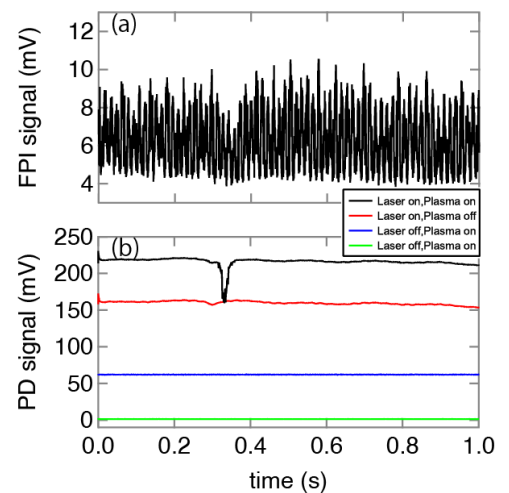


図 1 計測生データの一例。

(a) ファブリーペロー干渉計の出力

(b) レーザー透過光強度検出器の出力

[1] N. Miura, J. Xue and J. Hopwood, *IEEE Trans. Plasma Sci.* **38**, 2458 (2010).

[2] N. Miura and J. Hopwood, *J. Appl. Phys.* **109**, 013304 (2011).

[3] K. Torii, S. Yamawaki, K. Katayama, S. Namba, K. Fujii, T. Shikama and M. Hasuo, *Plasma and Fusion Res.* **10**, 3406063 (2015).